

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050285

International filing date: 24 January 2005 (24.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 004 707.3  
Filing date: 30 January 2004 (30.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 22 March 2005 (22.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 10 2004 004 707.3

**Anmeldetag:** 30. Januar 2004

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Kapazitätsdioden-Alternativschaltung

**IPC:** H 03 J 3/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. März 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

**Dzierzon**

27.01.04

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Kapazitätsdioden-Alternativschaltung

Stand der Technik

15

Es ist grundsätzlich bekannt; zur Abstimmung von Schwingkreisen sogenannte Kapazitätsdioden zu verwenden. Kapazitätsdioden sind Dioden, welche eine besonders ausgeprägte Abhängigkeit ihrer Sperrkapazität von der anliegenden elektrischen Spannung aufweisen. Dieser Effekt kann dazu genutzt werden, durch Anlegen einer elektrischen Gleichspannung an die Kapazitätsdiode deren Kapazität und damit die Resonanzfrequenz oder andere Parameter eines Schwingkreises einzustellen.

20

Um mit diesen Schwingkreisen bzw. Filtern einen großen Frequenzbereich überstreichen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die verwendeten Kapazitätsdioden ein großes Kapazitätsverhältnis bzw. einen großen Kapazitätshub aufweisen, also der relative Unterschied zwischen kleinstem und größtem einstellbarem Kapazitätswert besonders hoch ist. Insbesondere soll der gesamte verfügbare Kapazitätshub der Kapazitätsdioden schon bei geringen anliegenden Steuerspannungen erzielbar sein, damit bei batteriebetriebenen Geräten der gesamte Bereich genutzt werden kann. Ähnliches gilt auch im Zusammenhang mit integrierten Schaltungen, die oftmals im Zuge kleinerer Halbleiterstrukturen mit immer geringeren Betriebsspannungen versorgt werden müssen, so dass eine nachträgliche Spannungsheraufsetzung zur Erzielung einer höheren Steuerspannungen für die Kapazitätsdiode in der Regel zu aufwändig wäre.

30

Da sich die Kapazität üblicher Kapazitätsdioden sehr schnell mit der sie steuernden Spannung verändert, reagieren Kapazitätsdioden aber nicht nur auf die anliegende

35

Gleichspannung, sondern auch auf die im Schwingkreis anliegende Signalspannung. Bei großen Signalspannungspegeln schwankt die Kapazität der Kapazitätsdiode demzufolge im Takt des im Schwingkreis zu verarbeitenden Nutzsignals so stark, dass es zu Verzerrungen des Signals kommt, insbesondere zu Intermodulation. Hierbei können Störsignalanteile entstehen, die das Nutzsignal beeinträchtigen und nicht mehr nachträglich herauszufiltern sind. Dieser Effekt tritt bei Dioden mit großem Kapazitätsverhältnis besonders stark auf, da hier schon kleinere Signalspannungen ausreichen, um eine nicht mehr tragbare Störsignalstärke zu erzeugen.

Als Abhilfe werden schon heute zwei Kapazitätsdioden mit gegenläufiger Polarität in Reihe geschaltet (Fig. 5). Hierbei wird an beiden Dioden jeweils die volle Gleichspannung zur Kapazitätsveränderung wirksam, jedoch nur die halbe Wechsellspannung, was zu entsprechend kleineren Störprodukten führt. Zusätzlich bewirkt die gegenläufige Schaltung, dass sich jede der Halbwellen auf eine der Dioden kapazitätsvergrößernd, auf die jeweils andere jedoch kapazitätsverkleinernd auswirkt, was ebenfalls der Entstehung von Störprodukten entgegenwirkt.

#### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Kapazitätsdioden-Alternativschaltung mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass auch für gegenüber der Amplitude einer im Schwingkreis zu verarbeitenden Signalspannung kleineren oder nicht oder nicht wesentlich größeren Abstimmspannung die Rückwirkungen der Signalspannung auf die eingestellte Kapazität der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung vernachlässigbar oder zumindest gering bleiben. Somit werden Intermodulationsstörungen wirksam vermieden.

Dies wird erfindungsgemäß durch eine Schaltung bestehend aus einer Serienschaltung von mindestens drei zueinander in Serie geschalteten Kapazitätsdioden oder Parallelschaltungen aus Kapazitätsdioden in Verbindung mit einem Beschaltungsnetzwerk bestehend aus ohmschen Widerständen und/oder Induktivitäten oder gleichwirkenden Elementen erreicht. Dieses bewirkt, dass an jeder der Kapazitätsdioden eine an der Alternativschaltung anliegende Einstellgleichspannung jeweils in voller Höhe wirksam wird, während eine anliegende Signalwechselspannung

an jeder der Dioden der Alternativschaltung jeweils nur mit einem der Zahl der  
eingesetzten Dioden entsprechenden Bruchteil anliegt. Darüber hinaus bewirkt die  
Beschaltung, dass sich die Einflüsse der Signalspannungen aufgrund der abwechselnd  
gegenläufigen Schaltung für einen Teil der Dioden kapazitätserhöhend, für einen zweiten  
Teil der Dioden der Alternativschaltung kapazitätsvermindernd auswirkt und sich die  
Einflüsse der Signalspannung folglich zumindest teilweise aufheben.

Die erfindungsgemäße Kapazitätsdioden-Alternativschaltung eignet sich dabei besonders  
als Ersatz für herkömmliche Kapazitätsdioden oder -Doppeldioden in elektrischen  
Geräten, bei denen die zu verarbeitenden Signalspannung in der Größenordnung der  
verfügbaren Abstimmspannung liegt, also insbesondere beispielsweise  
batteriebetriebenen Geräten. Insbesondere braucht bei solchen Geräten mit der  
erfindungsgemäßen Alternativschaltung keine Umsetzung der verfügbaren Batterie- oder  
Versorgungsspannung auf eine höhere Abstimmspannung für die Kapazitätsdioden-  
Alternativschaltung vorgesehen zu werden. Somit kann bei einem erfindungsgemäßen  
elektrischen Gerät mit einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung  
auf einen hierfür sonst üblichen Hochsetzsteller zur Ableitung der Abstimmspannung aus  
der geringen Versorgungsspannung verzichtet werden. Dies ist nicht nur ein  
Kostenvorteil, sondern vermindert in vorteilhafter Weise auch die mit dem Betrieb von  
üblicherweise als Schaltnetzteil konzipierten Hochsetzstellern einhergehenden  
elektromagnetischen Störungen. Somit verringert sich auch der Aufwand zur Entstörung  
eines erfindungsgemäßen Geräts.

Ferner eignet sich die erfindungsgemäße Kapazitätsdioden-Alternativschaltung besonders  
in solchen Schaltkreisen, in denen mit einem kleinen Abstimmspannungshub ein großer  
Kapazitätshub erzielt werden soll und daher die Abstimmspannung in der Größenordnung  
der Signalspannungsamplitude oder sogar darunter liegt.

Darüber hinaus werden an eine Gleichspannungsentkopplung des Schwingkreises, in dem  
die Kapazitätsdiode durch die erfindungsgemäße Alternativschaltung ersetzt wird,  
geringere Anforderungen gestellt, da die Abstimmgleichspannung zur Steuerung der  
Sperrschichtkapazität der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung in Relation zur  
Signalspannung wesentlich kleiner als bei üblichen Kapazitätsdioden sein kann.

Die erfindungsgemäße Alternativschaltung kann in besonders vorteilhafter Weise in Form eines integrierten Schaltkreises realisiert werden. Eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung, die eine erfindungsgemäße Kapazitätsdioden-Alternativschaltung umfasst, beispielsweise ein Schwingkreis, kann ebenfalls vorteilhaft in Form eines integrierten Schaltkreises realisiert sein.

### Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden nachfolgend näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen in den Figuren bezeichnen dabei gleiche Elemente.

Es zeigen

Figur 1 beispielhaft ein Schaltbild eines Schwingkreises, in dem eine Kapazitätsdiode gemäß dem Stand der Technik als elektrisch steuerbare Kapazität zur Abstimmung des Schwingkreises eingesetzt ist,

Figur 2 ein Schaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung,

Figur 3 ein Schaltbild einer ersten Variante des ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung,

Figur 4 ein Schaltbild einer zweiten Variante des ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung,

Figur 5 beispielhaft ein Schaltbild eines zweiten Schwingkreises, in dem eine Reihenschaltung aus zwei gegenläufig in Serie geschalteten Kapazitätsdioden gemäß dem Stand der Technik als elektrisch steuerbare Kapazität zur Abstimmung des Schwingkreises eingesetzt ist,

Figur 6 ein Schaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung,

Figur 7 ein Schaltbild eines dritten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung.

5

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

10

Kapazitätsdioden werden auch in Schaltungen eingesetzt, bei denen das kapazitätssteuernde Signal nicht eine Gleichspannung, sondern eine Wechselspannung ist, z.B. zur Frequenzmodulation eines Hochfrequenzsignals in Abhängigkeit einer niederfrequenten Wechselspannung, wie etwa eines Audiosignals. In der Regel weicht die Frequenz des kapazitätssteuernden Signals deutlich von der Frequenz derjenigen Signale ab, die im gesteuerten Signalpfad, z.B. im frequenzvariablen Schwingkreis verarbeitet werden.

15

Die Ansteuerung der erfindungsgemäßen Alternativschaltung durch eine Wechselspannung ist ebenfalls möglich und liegt im Bereich der vorliegenden Erfindung. Nachfolgend wird zum besseren Verständnis der Funktion die kapazitätssteuernde Spannung oftmals als Gleichspannung bezeichnet, ohne dass hierdurch vergleichbare Anwendungen mit kapazitätssteuernden Wechselspannungen ausgeschlossen werden.

20

25

Figur 1 zeigt beispielhaft ein Schaltbild eines Schwingkreises, in dem eine Kapazitätsdiode D0 gemäß dem Stand der Technik als elektrisch steuerbare Kapazität zur Abstimmung des Schwingkreises eingesetzt ist. Die Kapazität der Kapazitätsdiode D0 wird durch eine zwischen ihrer Anode A und ihrer Kathode K angelegten Steuer-Gleichspannung  $U_A$  bestimmt.

30

Zum Ersatz dieser beschriebenen Kapazitätsdiode D0 kann vorteilhaft eine der nachfolgend beschriebenen Alternativschaltungen gemäß den Figuren 2 bis 4 eingesetzt werden.

35

Figur 2 zeigt ein Schaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung. Diese besteht aus einer Reihenschaltung von hier drei Kapazitätsdioden D1, D2 und D3, die jeweils zueinander abwechselnd gegenläufig

in Reihe geschaltet sind, sowie einem Widerstandsnetzwerk mit Widerständen R1 und R2.

Die Kathode der ersten Kapazitätsdiode D1 bildet zugleich die Kathode K der gesamten Kapazitätsdioden-Alternativschaltung. Die Anode der ersten Kapazitätsdiode D1 ist in einem ersten Knotenpunkt P1 mit der Anode der zweiten Kapazitätsdiode D2 verbunden. Die Kathode der zweiten Kapazitätsdiode D2 ist in einem zweiten Knotenpunkt P2 mit der Kathode der dritten Kapazitätsdiode D3 verbunden. Die Anode der dritten Kapazitätsdiode D2 bildet die Anode der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung.

Der erste Knotenpunkt P1, also die Anoden der ersten Kapazitätsdiode D1 und der zweiten Kapazitätsdiode D2, ist über einen ersten ohmschen Widerstand R1 mit der Anode der dritten Kapazitätsdiode D3 und somit auch mit der Anode der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung verbunden. Der zweite Knotenpunkt P2, also die Kathoden der zweiten Kapazitätsdiode D2 und der dritten Kapazitätsdiode D3 sind über einen zweiten ohmschen Widerstand R2 mit der Kathode der ersten Kapazitätsdiode D1 und damit mit der Kathode der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung verbunden. Die Widerstandswerte sind dabei so gewählt, dass sie vorzugsweise im Bereich des Zehnfachen der Schwingkreisimpedanz oder auch darüber liegen. Übliche Werte werden also bei Anwendungen im Rundfunkempfängerbereich in der Größenordnung zwischen 1 KOhm und 1 MOhm liegen.

Die beschriebene Beschaltung der Kapazitätsdioden D1 bis D3 bewirkt, dass bei einer zwischen Kathode und Anode anliegenden positiven Gleichspannung  $U_A$  durch die Alternativschaltung kein Strom fließt und daher die Kathoden der zweiten Kapazitätsdiode D2 und der dritten Kapazitätsdiode D3 über den zweiten ohmschen Widerstand R2 auf dem gleichen elektrischen Potential liegen, wie die Kathode der ersten Kapazitätsdiode D1. Ebenso liegen die Anoden der ersten Kapazitätsdiode D1 und der zweiten Kapazitätsdiode D2 über den ersten ohmschen Widerstand der einzelnen auf demselben elektrischen Potential wie die Anode der dritten Kapazitätsdiode D3. Demzufolge liegt über jeder der Kapazitätsdioden D1, D2 und D3 dieselbe Einstell- bzw. Abstimmungsspannung  $U_A$  an, wie über der gesamten Kapazitätsdioden-Alternativschaltung.



Bezüglich einer anliegenden Wechselspannung  $u_s$  stellen die Kapazitätsdioden D1, D2 und D3 im wesentlichen Kapazitäten dar. Somit fällt eine im Schwingkreis an der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung anliegende Wechselspannung über der Serienschaltung der drei Kapazitätsdioden D1 bis D3, also im wesentlichen der Serienschaltung der Kapazitäten der Kapazitätsdioden D1 bis D3 ab. Somit liegt an jeder der Kapazitätsdioden im wesentlichen nur jeweils ein Drittel der Wechsel- bzw. Signalspannung an.

Figur 3 zeigt ein Schaltbild einer ersten Variante 2 des ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung. Diese umfasst im vorliegenden Fall fünf abwechselnd gegenläufig zueinander in Serie geschaltete Kapazitätsdioden D1, D2, D3, D4 und D5 sowie ein Induktivitätennetzwerk aus vier Induktivitäten L1, L2, L3 und L4.

Die Kathode der ersten Kapazitätsdiode D1 bildet zugleich die Kathode K der gesamten Kapazitätsdioden-Alternativschaltung. Die Anode der ersten Kapazitätsdiode D1 ist in einem ersten Knotenpunkt P1 mit der Anode der zweiten Kapazitätsdiode D2 verbunden, weiter ist die Anode der dritten Kapazitätsdiode D3 in einem dritten Knotenpunkt mit der Anode der vierten Kapazitätsdiode verbunden. Die Kathode der zweiten Kapazitätsdiode D2 ist in einem zweiten Knotenpunkt P2 mit der Kathode der dritten Kapazitätsdiode D3 verbunden, ferner ist die Kathode der vierten Kapazitätsdiode in einem vierten Knotenpunkt P4 mit der Kathode der fünften Kapazitätsdiode D5 verbunden. Die Anode der fünften Kapazitätsdiode D5 bildet die Anode der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung.

Der erste Knotenpunkt P1, also die Anoden der ersten Kapazitätsdiode D1 und der zweiten Kapazitätsdiode D2, sind über eine erste Induktivität L1 mit den Anoden der dritten Kapazitätsdiode D3 und der vierten Kapazitätsdiode D4, also dem dritten Knotenpunkt P3 verbunden. Der Knotenpunkt P3, also die Anoden der dritten Kapazitätsdiode D3 und der vierten Kapazitätsdiode D4 sind über eine dritte Induktivität L3 mit der Anode der fünften Kapazitätsdiode D5 und damit der Anode A der gesamten Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 2 verbunden. Der zweite Knotenpunkt P2, also die Kathoden der zweiten Kapazitätsdiode D2 und der dritten Kapazitätsdiode D3 sind über eine zweite Induktivität L2 mit der Kathode der ersten Kapazitätsdiode D1 und damit mit der Kathode K der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung verbunden. Der zweite

Knotenpunkt P2 ist darüber hinaus über eine vierte Induktivität L4 mit dem vierten Knotenpunkt P4 und damit mit den Kathoden der vierten Kapazitätsdiode D4 und der fünften Kapazitätsdiode D5 verbunden.

5 Die Induktivitätswerte sind dabei so gewählt, dass die Impedanzen der Induktivitäten bei der Schwingkreisresonanzfrequenz vorzugsweise das Zehnfache über der Schwingkreisimpedanz oder auch darüber liegen.

10 Das Wirkprinzip der zweiten Ausführungsform 2 entspricht im wesentlichen dem der ersten Ausführungsform 1. Bezüglich einer zwischen Kathode K und Anode A anliegenden positiven Abstimm-Gleichspannung  $U_A$  stellt die Serienschaltung der Kapazitätsdioden D1 bis D5 im wesentlichen einen Leerlauf dar, so dass die Anoden aller Kapazitätsdioden D1 bis D5 auf dem Potential der Anode A der Alternativschaltung, die Kathoden aller Kapazitätsdioden D1 bis D5 auf dem Potential der Kathode K der  
15 Alternativschaltung liegen. Es liegt somit über jeder der Kapazitätsdioden D1 bis D5 von deren Kathode zu deren Anode die volle Abstimm-Gleichspannung  $U_A$  an. Die Beschaltung der Dioden, in diesem Beispiel Induktivitäten, ist bezüglich der Signalspannung  $u_s$  hochohmig, die gesamte Alternativschaltung 3 stellt hingegen eine endliche Impedanz dar, die sich im wesentlichen aus der Serienschaltung der  
20 Sperrschichtkapazitäten der Kapazitätsdioden D1 bis D5 ergibt. Somit wird eine anliegende Gleichspannung für jede der Dioden wirksam, eine Wechselspannung wirkt sich hingegen für jede der Dioden nur zu einem Fünftel aus.

25 Abgesehen von der Zahl der in Serie geschalteten Kapazitätsdioden unterscheiden sich die ersten beiden Ausführungsformen somit hauptsächlich in der Art der für die Beschaltung verwendeten Bauelemente, nämlich im ersten Fall 1 ohmsche Widerstände, im zweiten Fall 2 Induktivitäten. Induktivitäten bieten gegenüber ohmschen Widerständen den Vorteil, dass diese bei geeigneter Wahl ihrer Induktivitätswerte bezüglich einer sich verändernden Abstimmspannung  $U_A$  eine geringere Impedanz  
30 aufweisen als ohmsche Widerstände und damit eine schnellere Einstellung der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung auf einen geänderten Kapazitätswert ermöglichen.

Hieraus wird deutlich, dass die Impedanzen der Bauelemente des Beschaltungsnetzwerks zwar deutlich über der Impedanz des Gesamtschwingkreises liegen sollten, um dessen  
35 Charakteristik möglichst wenig zu beeinflussen, dass jedoch einer beliebigen Erhöhung

der Impedanzen der Netzwerkelemente dadurch Grenzen gesetzt sind, dass eine Änderung der Abstimmspannung  $U_A$  eine möglichst zügige Änderung der Gesamtkapazität der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 1, 2 oder 3 bewirken soll.

5 Induktivitäten als Elemente des Beschaltungsnetzwerks eignen sich als Ersatz für ohmsche Widerstände ferner nur dann, wenn die Frequenzen oder Frequenzbereiche der im Schwingkreis zu verarbeitenden Signalspannungen  $u_s$  von den geforderten Änderungsgeschwindigkeiten der Kapazitätswerte der Kapazitätsdioden-Alternativschaltungen 1, 2 oder 3 deutlich verschieden sind, mit anderen Worten, wenn  
10 die Periodendauern der Signalspannungen deutlich unter den Zeitkonstanten durch die Netzwerkelemente gebildeten Tiefpassfilter liegen. Abweichende Beschaltungen der Dioden-Serienschaltungen, beispielsweise mit Tiefpassfiltern höherer Ordnungen, etwa RL-Gliedern, sind möglich und liegen im Bereich der Erfindung.

15 Figur 4 zeigt ein Schaltbild einer zweiten Variante 3 des ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung. Diese umfasst im vorliegenden Fall fünf abwechselnd gegenläufig zueinander in Serie geschaltete Kapazitätsdioden D1, D2, D3, D4 und D5 sowie ein Widerstandsnetzwerk aus vier Widerständen R1, R2, R3 und R4.

20 Die Kathode der ersten Kapazitätsdiode D1 bildet zugleich die Kathode K der gesamten Kapazitätsdioden-Alternativschaltung. Die Anode der ersten Kapazitätsdiode D1 ist in einem ersten Knotenpunkt P1 mit der Anode der zweiten Kapazitätsdiode D2 verbunden, weiter ist die Anode der dritten Kapazitätsdiode D3 in einem dritten Knotenpunkt mit der Anode der vierten Kapazitätsdiode verbunden. Die Kathode der zweiten Kapazitätsdiode D2 ist in einem zweiten Knotenpunkt P2 mit der Kathode der dritten Kapazitätsdiode D3 verbunden, ferner ist die Kathode der vierten Kapazitätsdiode in einem vierten Knotenpunkt P4 mit der Kathode der fünften Kapazitätsdiode D5 verbunden. Die Anode der fünften Kapazitätsdiode D5 bildet die Anode der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung.  
30

Der erste Knotenpunkt P1, also die Anoden der ersten Kapazitätsdiode D1 und der zweiten Kapazitätsdiode D2, sind über einen ersten ohmschen Widerstand R1 mit der Anode der fünften Kapazitätsdiode D5 und somit auch der Anode der gesamten Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 3 verbunden. Der dritte Knotenpunkt P3, also die  
35

Anoden der dritten Kapazitätsdiode D3 und der vierten Kapazitätsdiode D4 sind über einen dritten ohmschen Widerstand R3 ebenfalls mit der Anode der fünften Kapazitätsdiode D5 und damit der Anode A der gesamten Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 2 verbunden. Der zweite Knotenpunkt P2, also die Kathoden der zweiten Kapazitätsdiode D2 und der dritten Kapazitätsdiode D3 sind über einen zweiten ohmschen Widerstand R2 mit der Kathode der ersten Kapazitätsdiode D1 und damit mit der Kathode K der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 3 verbunden. Der vierte Knotenpunkt P4 ist und somit die Kathoden der vierten Kapazitätsdiode D4 und der fünften Kapazitätsdiode D5 sind über einen vierten ohmschen Widerstand R4 ebenfalls mit der Kathode der ersten Kapazitätsdiode D1 und damit mit der Kathode K der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 3 verbunden.

Die Wirkungsweise der dritten Alternativschaltung 3 entspricht im wesentlichen der der vorstehend erläuterten Alternativschaltungen.

Von der vorstehenden zweiten Alternativschaltung 2 unterscheidet sich die dritte Alternativschaltung nicht nur durch die Verwendung von ohmschen Widerständen anstelle von Induktivitäten. Diese Elemente können auch hier unter den oben angegebenen Randbedingungen wahlweise ausgetauscht werden. Vielmehr unterscheidet sich das Beschaltungsnetzwerk von dem der zweiten Alternativschaltung 2 dadurch, dass die Knotenpunkte P2 und P4 bzw. P1 und P3 jeweils direkt über nur ein einziges Bauelement mit dem jeweiligen Endanschluss der Alternativschaltung, also die Knoten P1 und P3 mit der Anode A und die Knoten P2 und P4 mit der Kathode K verbunden sind.

Figur 5 zeigt beispielhaft ein Schaltbild eines zweiten Schwingkreises, in dem eine Reihenschaltung aus zwei gegenläufig in Serie geschalteten Kapazitätsdioden D01 und D02 gemäß dem Stand der Technik als elektrisch steuerbare Kapazität zur Abstimmung des Schwingkreises eingesetzt ist. Bei dieser Kapazitätsdioden-Alternativschaltung D10, die üblicherweise auch als ein einziges Bauelement mit drei Anschlüssen hergestellt und vertrieben wird, sind die beiden Dioden D01 und D02 mit ihren Kathoden miteinander verbunden. Die Kathodenanschlüsse sind als ein gemeinsamer Kathodenschluss aus dem Diodengehäuse herausgeführt, die Anoden der beiden Dioden D01 und D02 als getrennte

Anodenanschlüsse A1 und A2. Eine angelegte Abstimmgleichspannung  $U_A$  wird hier für beide Dioden D01 und D02 gleichermaßen jeweils in voller Höhe wirksam, eine über den Anodenanschlüssen A1 und A2 anliegende Signalwechselspannung  $u_s$  jeweils nur zur Hälfte.

Figur 6 zeigt ein Schaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 4 zum Ersatz der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung D10 der Figur 5. Diese umfasst im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Alternativschaltungen 1, 2 und 3 eine gerade Anzahl von im vorliegenden Fall sechs abwechselnd gegenläufig zueinander in Serie geschalteten Kapazitätsdioden D11, D12, D13, D14, D15 und D16 sowie ein Widerstands- oder allgemeiner Impedanzen-Netzwerk aus sieben Widerständen R11, R12, R13, R14, R15, R16 und R17.

Die Anode der ersten Kapazitätsdiode D11 bildet zugleich eine erste Anode A1 der gesamten Kapazitätsdioden-Alternativschaltung. Die Kathode der ersten Kapazitätsdiode D11 ist in einem ersten Knoten P11 mit der Kathode der zweiten Kapazitätsdiode D12, die Kathode der dritten Kapazitätsdiode D13 in einem dritten Knoten P13 mit der Kathode der vierten Kapazitätsdiode D14 und die Kathode der fünften Kapazitätsdiode D15 in einem fünften Knoten P15 mit der Kathode der sechsten Kapazitätsdiode D16 verbunden. Die Anode der sechsten Kapazitätsdiode D16 bildet zugleich einen zweiten Anodenanschluss A2 der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 4. Weiter ist die Anode der zweiten Kapazitätsdiode D12 in einem zweiten Knoten P12 mit der Anode der dritten Kapazitätsdiode D13 verbunden, ferner ist die Anode der vierten Kapazitätsdiode D14 in einem vierten Knoten P14 mit der Anode der fünften Kapazitätsdiode D15 verbunden.

Die Beschaltung der beschriebenen Dioden-Serienschaltung wird nachfolgend am Beispiel von Widerständen beschrieben, könnte aber in Analogie zu den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen des ersten Ausführungsbeispiels ebenso mit Induktivitäten oder alternativ mit Tiefpässen, also beispielsweise RL-Gliedern ausgeführt sein.

Der erste Knoten P11, also die Kathoden der ersten Kapazitätsdiode D11 und der zweiten Kapazitätsdiode D12 sind über einen ersten ohmschen Widerstand R11 mit einem Kathodenanschluss K der Alternativschaltung 4 verbunden. Ebenso sind der dritte Knoten P13, also die Kathode der dritten Kapazitätsdiode D13 und der vierten

Kapazitätsdiode D14 über einen zweiten ohmschen Widerstand R12 sowie der fünfte Knoten P15, also die Kathoden der fünften Kapazitätsdiode D15 sowie der sechsten Kapazitätsdiode D16 über einen dritten ohmschen Widerstand R13 mit dem Kathodenanschluss K der Gesamtschaltung 4 verbunden.

5  
Ferner ist der zweiten Knoten P12 über einen vierten Widerstand R14 mit der Anode der ersten Diode D11, also dem ersten Anodenanschluss A1 der Gesamtschaltung sowie über einen fünften ohmschen Widerstand R15 mit der Anode der sechsten Diode D16, also dem zweiten Anodenanschluss A2 der Gesamtschaltung 4 verbunden. Analog ist der  
10  
vierte Knoten P14 über einen sechsten ohmschen Widerstand R16 mit dem ersten Anodenanschluss A1 und über einen siebten ohmschen Widerstand R17 mit dem zweiten Anodenanschluss A2 der Gesamtschaltung 4 verbunden.

15  
Wie im Falle der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen bewirkt auch dieses Beschaltungsnetzwerk, dass eine angelegte Abstimmspannung  $U_A$  an jeder der einzelnen Dioden D11 bis D16 in voller Höhe wirksam wird, wohingegen eine anliegende Signalspannung  $u_s$  nur zu im vorliegenden Fall einem Sechstel ihres Werts an jeder einzelnen Diode D11 bis D16 anliegt.

20  
Anders gestaltete, im vorstehenden Sinne aber gleichwirkende Beschaltungsnetzwerke sind möglich und liegen im Bereich der vorliegenden Erfindung.

Eine Alternative des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 6 besteht in einer invertierten Form dieser Schaltung, bei der die Außenanschlüsse von Kathoden gebildet werden, und somit der dritte Anschluss einer gemeinsamen Anode bzw. einem gemeinsamen Steueranschluss entspricht. Diese Alternative bietet sich für einen Einsatz in Geräten mit negativer Abstimmspannung an. Diese alternative sieht vor, dass an jedem Knotenpunkt der Reihenschaltung jeweils entweder Anoden der Dioden oder Kathoden der Dioden miteinander verbunden sind, wobei die zwischen den Endanschlüssen liegenden  
30  
Knotenpunkte der Kathoden über Widerstände und/oder Induktivitäten mit den Kathoden derjenigen Dioden verbunden sind, deren Kathoden einen ersten Endanschluss und einen zweiten Endanschluss der Alternativschaltung bilden, und wobei die zwischen den Endanschlüssen liegenden Knotenpunkte der Anoden mit Widerständen und/oder Induktivitäten verbunden sind, deren zweite Anschlüsse den Steuerspannungsanschluss  
35  
zur Zuführung der die Kapazität einstellenden Steuerspannung bilden.

Figur 7 zeigt ein Schaltbild eines dritten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 5. Kern dieses zusätzlichen Beispiels ist eine Schaltung, bei der beide Gleichspannungszuführungsanschlüsse auf eigene Pins geführt sind, also nicht mit der Anode oder Kathode des HF-Pfads direkt verbunden sind. Diese Kapazitätsdioden-Alternativschaltung umfasst wie Alternativschaltung 4 eine gerade Anzahl von im vorliegenden Fall vier abwechselnd gegenläufig zueinander in Serie geschalteten Kapazitätsdioden D11, D12, D13 und D14 sowie ein Widerstands- oder allgemeiner Impedanzen-Netzwerk aus fünf Widerständen R11, R12, R14, R15 und R16. Die Verwendung einer ungeraden Anzahl von Dioden ist auch hier möglich und liegt im Bereich der vorliegenden Erfindung.

Die Anode der ersten Kapazitätsdiode D11 bildet zugleich eine erste Anode A1 der gesamten Kapazitätsdioden-Alternativschaltung. Die Kathode der ersten Kapazitätsdiode D11 ist in einem ersten Knoten P11 mit der Kathode der zweiten Kapazitätsdiode D12 und die Kathode der dritten Kapazitätsdiode D13 in einem dritten Knoten P13 mit der Kathode der vierten Kapazitätsdiode D14 verbunden. Die Anode der vierten Kapazitätsdiode D14 bildet zugleich einen zweiten Anodenanschluss A2 der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung 5. Weiter ist die Anode der zweiten Kapazitätsdiode D12 in einem zweiten Knoten P12 mit der Anode der dritten Kapazitätsdiode D13 verbunden.

Die Beschaltung der beschriebenen Dioden-Serienschaltung wird nachfolgend am Beispiel von Widerständen beschrieben, könnte aber in Analogie zu den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen des ersten Ausführungsbeispiels ebenso mit Induktivitäten oder alternativ mit Tiefpässen, also beispielsweise RL-Gliedern ausgeführt sein.

Der erste Knoten P11, also die Kathoden der ersten Kapazitätsdiode D11 und der zweiten Kapazitätsdiode D12 sind über einen ersten ohmschen Widerstand R11 mit einem Kathodenanschluss K der Alternativschaltung 5 verbunden. Ebenso ist der dritte Knoten P13, also die Kathode der dritten Kapazitätsdiode D13 und der vierten Kapazitätsdiode D14 über einen zweiten ohmschen Widerstand R12 mit dem Kathodenanschluss K der Gesamtschaltung 5 verbunden.

Ferner sind der erste Anodenanschluss A1 der Gesamtschaltung über einen dritten Widerstand R14, der zweite Knoten P12 über einen vierten Widerstand R15 und auch der zweite Anodenanschluss A2 der Gesamtschaltung über einen fünften Widerstand R16 mit einem dritten Anodenanschluss A der Gesamtschaltung 5 verbunden.

In diesem Beispiel wird die Abstimmspannung  $U_A$  zwischen dem dritten Anodenanschluss A und dem Kathodenanschluss K angelegt. Wie im Falle der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen bewirkt auch dieses Beschaltungsnetzwerk, dass eine angelegte Abstimmspannung  $U_A$  an jeder der einzelnen Dioden D11 bis D16 in voller Höhe wirksam wird, wohingegen eine anliegende Signalspannung  $u_s$  nur zu im vorliegenden Fall einem Viertel ihres Werts an jeder einzelnen Diode D11 bis D14 anliegt.

Diese Alternativschaltung ist besonders geeignet für einen Parallelschwingkreis in Pi-Konfiguration, wie z.B. im Zwischenkreis eines Autoradiogeräts.

Die Auslegung des Beschaltungsnetzwerks hat Auswirkungen auf die Belastung und somit Güte des Schwingkreises (spricht für eine hochohmige Auslegung) und auf die Reaktionszeit beim Einstellen neuer Kapazitätswerte (reagiert schneller bei einer niederohmigen Beschaltung). In der Regel ist der letzte Aspekt eher unkritisch, da die Zeitkonstante der Schwingkreisabstimmung sehr klein ist gegenüber anderen relevanten Zeitkonstanten, z.B. der PLL-Einschwingzeit eines Empfängers. Aus diesem Grund sind oftmals hochohmige Widerstände zur Gleichspannungszuführung völlig ausreichend, erst bei einem stärkeren Zielkonflikt zwischen Reaktionszeit und Schwingkreisbelastung wird eine frequenzselektivere Beschaltung mit mehrstufigen Tiefpässen und/oder Verwendung von Spulen erforderlich. In diesen Fällen ist es besonders vorteilhaft, eine Auslegung des Beschaltungsnetzwerks mit gleichen Zeitkonstanten in allen Teilpfaden zu wählen, so dass jede Änderung der Abstimmspannung  $U_A$  an allen Dioden gleichmäßig schnell Wirkung zeigt. Dies wird im dritten Ausführungsbeispiel nach Figur 7 dadurch erreicht, dass die Widerstände R11, R12 und R15 den gleichen Widerstandswert aufweisen und die Widerstände R14 und R16 den doppelten Widerstandswert aufweisen, verglichen mit dem der anderen Widerstände. Das Beschaltungsnetzwerk gemäß Figur 7 ist im Gegensatz zu den anderen Beispielvarianten so aufgebaut, dass alle Gleichstrompfade für alle Dioden gleichermaßen über jeweils zwei Widerstände laufen. Dies führt zu gleichen



Zeitkonstanten, wenn R14 und R16 doppelt so groß sind, wie die restlichen Widerstände, da sie nur je eine Diode mit Strom versorgen, alle anderen Widerstände jedoch je zwei. Hierdurch wird bei gegebener Zeitkonstante des Gleichstrompfads eine minimale Belastung und somit möglichst hohe Güte des Schwingkreises erzielt.

5

Anders gestaltete, im vorstehenden Sinne aber gleichwirkende Beschaltungsnetzwerke sind möglich und liegen im Bereich der vorliegenden Erfindung.

10

Bei allen beschriebenen Ausführungsbeispielen kann die Zahl der eingesetzten Kapazitätsdioden über die angegebenen Diodenzahlen hinaus verändert werden. Die Mindestzahl der Dioden liegt im Falle des ersten und dritten Ausführungsbeispiels der Alternativschaltung für eine einfache Kapazitätsdiode gemäß Figur 1 bei drei Kapazitätsdioden, im Falle der Alternativschaltung für die Kapazitätsdoppeldiode gemäß Figur 5 bei vier Kapazitätsdioden. Eine Obergrenze für die Zahl der einsetzbaren Kapazitätsdioden ergibt sich zum einen durch ein möglicherweise begrenztes Bauvolumen, zum einen durch die Tatsache, dass die nutzbare Sperrschichtkapazität bei steigender Diodenzahl abnimmt. Um letzterem Effekt zu begegnen, kann vorgesehen werden, statt einfacher Kapazitätsdioden in den beschriebenen Alternativschaltungen diese jeweils durch Parallelschaltungen von Kapazitätsdioden zu ersetzen und somit die Sperrschichtkapazität pro Diode D1, ..., D5 bzw. D11, ..., D16 zu vervielfachen.

15

20

27.01.04

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Patentansprüche:



15

1. Kapazitätsdioden-Alternativschaltung mit

mindestens drei jeweils abwechselnd gegenläufig zueinander in Reihe geschalteten Kapazitätsdioden und einem Widerstands- und/oder Induktivitätennetzwerk, welches bewirkt, dass

20

a) an jeder der Kapazitätsdioden eine der Schaltung zugeführte Steuerspannung zur Einstellung der Kapazität zumindest annähernd in voller Höhe anliegt, und

b) eine an der Reihenschaltung der Kapazitätsdioden anliegende gegenüber der Steuerspannung höherfrequenzte Wechsellspannungsspannung, vorzugsweise zumindest annähernd gleichmäßig, auf die Kapazitätsdioden aufgeteilt wird.



2. Kapazitätsdioden-Alternativschaltung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Ausbildung des Widerstands- und/oder Induktivitätennetzwerk derart, dass die Anoden der Kapazitätsdioden bezüglich einer an der Schaltung anliegenden Steuerspannung mit einem ersten elektrischen Potential, deren Kathoden bezüglich der Steuerspannung mit einem gegenüber dem ersten Potential um die Steuerspannung höheren zweiten elektrischen Potential verbunden sind.

30

3. Kapazitätsdioden-Alternativschaltung nach Anspruch 1 oder 2,

wobei die Schaltung eine ungerade Anzahl von Kapazitätsdioden oder von Parallelschaltungen aus Kapazitätsdioden aufweist,

wobei an jedem Knotenpunkt der Reihenschaltung jeweils entweder Anoden der Dioden oder Kathoden der Dioden miteinander verbunden sind,

35

wobei die zwischen den Endanschlüssen liegenden Knotenpunkte der Anoden über Widerstände und/oder Induktivitäten mit der Anode derjenigen Diode verbunden sind, deren Anode einen ersten Endanschluss der Alternativschaltung bildet, und  
wobei die zwischen den Endanschlüssen liegenden Knotenpunkte der Kathoden über Widerstände und/oder Induktivitäten mit der Kathode derjenigen Diode verbunden sind, deren Kathode einen zweiten Endanschluss der Schaltung bildet.

4. Kapazitätsdioden-Alternativschaltung nach Anspruch 1 oder 2,  
wobei die Schaltung eine gerade Anzahl von Kapazitätsdioden oder von Parallelschaltungen aus Kapazitätsdioden aufweist,  
wobei an jedem Knotenpunkt der Reihenschaltung jeweils entweder Anoden der Dioden oder Kathoden der Dioden miteinander verbunden sind,  
wobei die zwischen den Endanschlüssen liegenden Knotenpunkte der Anoden über Widerstände und/oder Induktivitäten mit den Anoden derjenigen Dioden verbunden sind, deren Anoden einen ersten Endanschluss und einen zweiten Endanschluss der Alternativschaltung bilden, und  
wobei die zwischen den Endanschlüssen liegenden Knotenpunkte der Kathoden mit Widerständen und/oder Induktivitäten verbunden sind, deren zweite Anschlüsse den Steuerspannungsanschluss zur Zuführung der die Kapazität einstellenden Steuerspannung bilden.

5. Kapazitätsdioden-Alternativschaltung nach Anspruch 1 oder 2,  
wobei die Schaltung eine gerade Anzahl von Kapazitätsdioden oder von Parallelschaltungen aus Kapazitätsdioden aufweist,  
wobei an jedem Knotenpunkt der Reihenschaltung jeweils entweder Anoden der Dioden oder Kathoden der Dioden miteinander verbunden sind,  
wobei die zwischen den Endanschlüssen liegenden Knotenpunkte der Kathoden über Widerstände und/oder Induktivitäten mit den Kathoden derjenigen Dioden verbunden sind, deren Kathoden einen ersten Endanschluss und einen zweiten Endanschluss der Alternativschaltung bilden, und  
wobei die zwischen den Endanschlüssen liegenden Knotenpunkte der Anoden mit Widerständen und/oder Induktivitäten verbunden sind, deren zweite Anschlüsse den Steuerspannungsanschluss zur Zuführung der die Kapazität einstellenden Steuerspannung bilden.

6. Kapazitätsdioden-Alternativschaltung nach Anspruch 1 oder 2,  
wobei an jedem Knotenpunkt der Reihenschaltung jeweils entweder Anoden der Dioden  
oder Kathoden der Dioden miteinander verbunden sind,  
wobei die Anoden über Widerstände und/oder Induktivitäten mit einem ersten weiteren  
5 Anschluss verbunden sind, und wobei die Kathoden über Widerstände und/oder  
Induktivitäten mit einem zweiten weiteren Anschluss verbunden sind, welche weiteren  
Anschlüsse der Zuführung der die Kapazität einstellenden Steuerspannung dienen.

10

7. Elektrische Schaltungsanordnung oder elektrisches Gerät mit einer Kapazitätsdioden-  
Alternativschaltung nach einem der vorstehenden Ansprüche.

27.01.04

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

### Kapazitätsdioden-Alternativschaltung



#### Zusammenfassung

15

Kapazitätsdioden-Alternativschaltung mit  
mindestens drei jeweils abwechselnd gegenläufig zueinander in Reihe geschalteten  
Kapazitätsdioden und einem Widerstands- und/oder Induktivitätennetzwerk, welches  
bewirkt, dass

20

- a) an jeder der Kapazitätsdioden eine der Schaltung zugeführte Steuerspannung zur  
Einstellung der Kapazität zumindest annähernd in voller Höhe anliegt, und
- b) eine an der Reihenschaltung der Kapazitätsdioden anliegende gegenüber der  
Steuerspannung höherfrequente Wechselspannung, vorzugsweise zumindest  
annähernd gleichmäßig, auf die Kapazitätsdioden aufgeteilt wird.



30

Die erfindungsgemäße Kapazitätsdioden-Alternativschaltung hat den Vorteil, dass auch  
für gegenüber der Amplitude einer in einem die Alternativschaltung aufweisenden  
Schwingkreis zu verarbeitenden Signalspannung kleineren oder nicht oder nicht  
wesentlich größeren Abstimmspannung die Rückwirkungen der Signalspannung auf die  
eingestellte Kapazität der Kapazitätsdioden-Alternativschaltung vernachlässigbar oder  
zumindest gering bleiben. Somit werden Intermodulationsstörungen wirksam vermieden.  
Außerdem kann die Schaltung vorteilhaft in einem elektrischen Gerät eingesetzt werden,  
in dem nur eine geringe Betriebsspannung zur Verfügung steht, beispielsweise einem  
batteriebetriebenen Gerät.

35

Figur 2

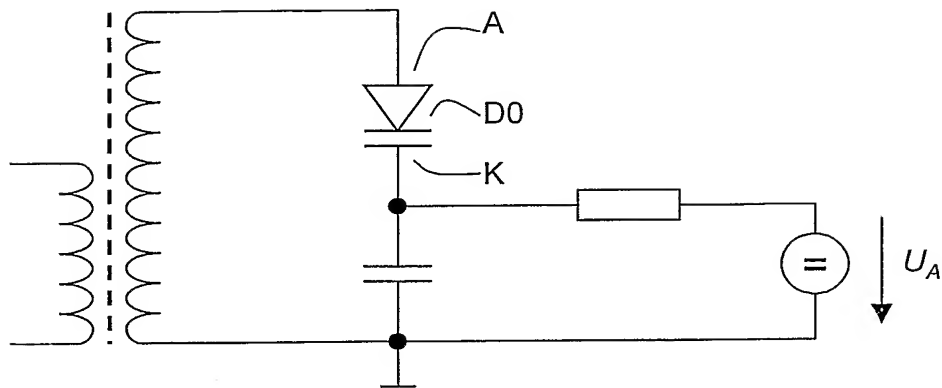


Fig. 1

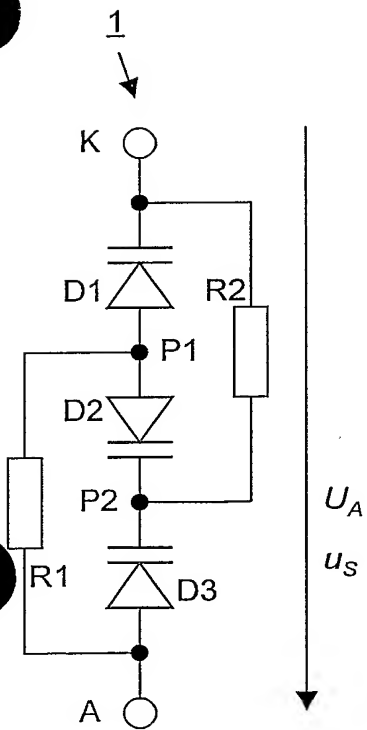


Fig. 2

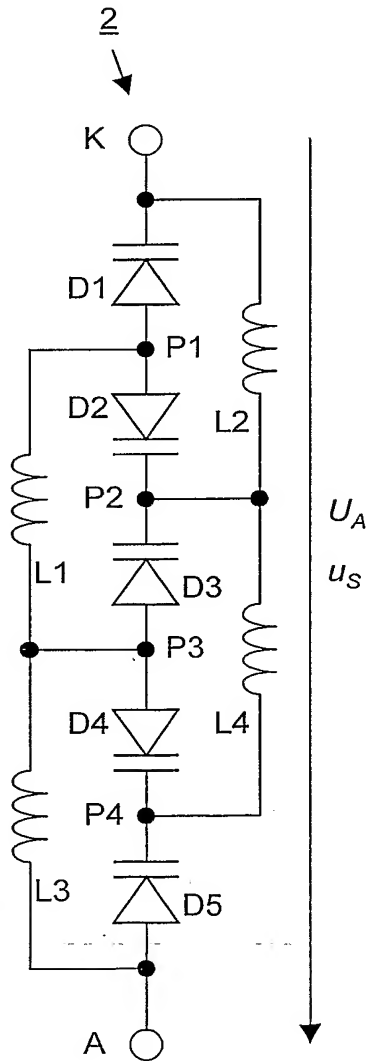


Fig. 3

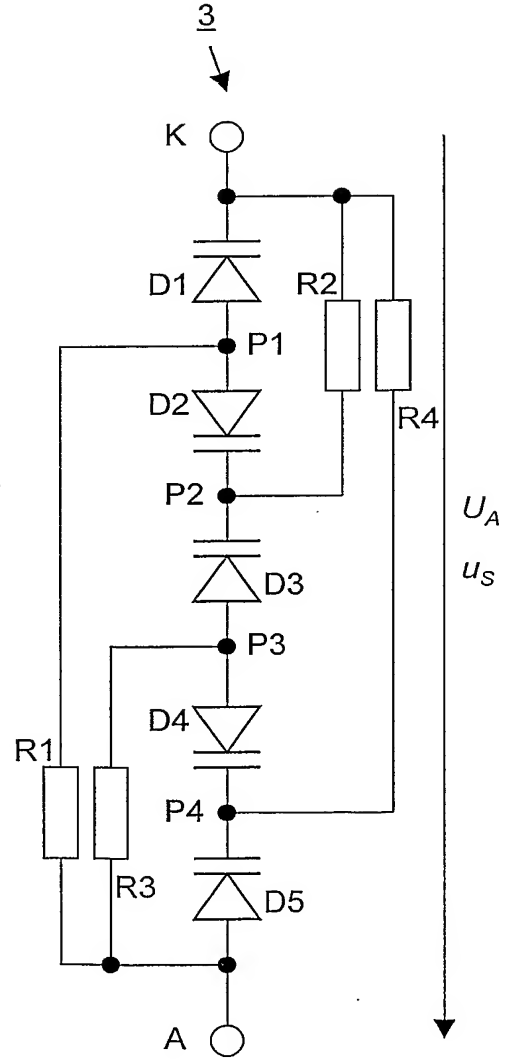


Fig. 4

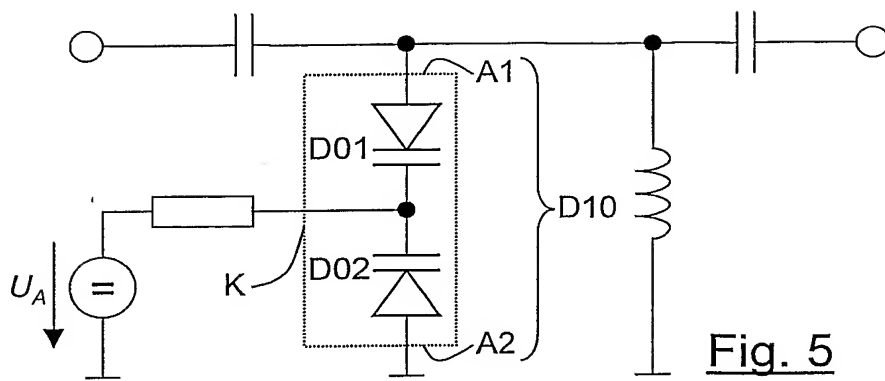


Fig. 5

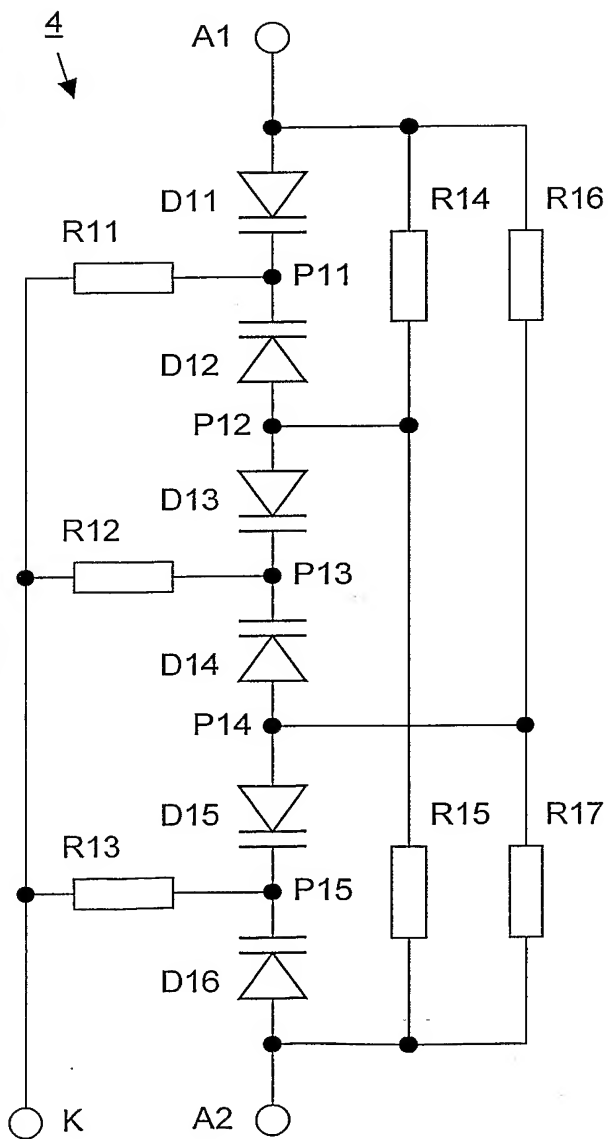


Fig. 6

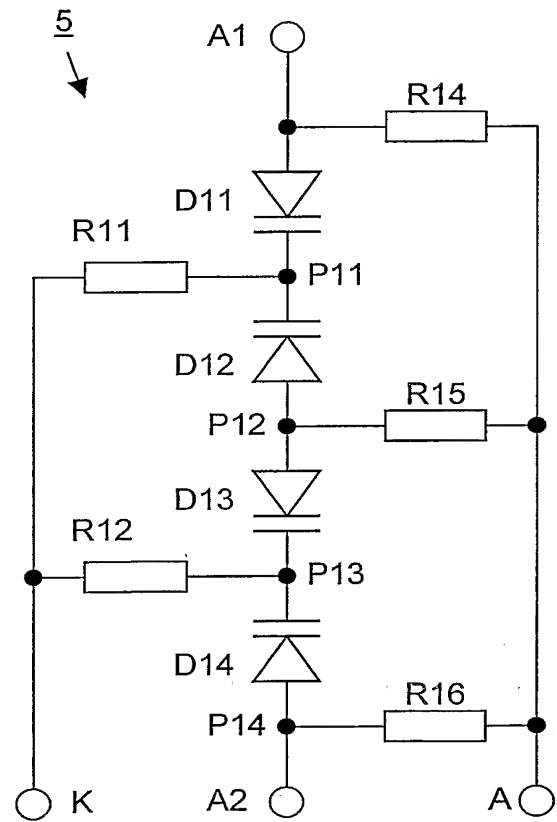


Fig. 7